

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD BASADO EN EL ESTUDIO DE MODO Y EFECTO DE FALLAS DE LAS MÁQUINAS DE LA ORGANIZACIÓN TROPICAL COFFEE COMPANY S.A.S. EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA.

Milenis González J.

Estudiante de Pre-Grado, Etapa Proyecto de Tesis
Programa Ingeniería Industrial, Universidad del Magdalena
Milenis0105@hotmail.com

Vanessa J. Izaguirre N.

Estudiante de Pre-Grado, Etapa Proyecto de Tesis
Programa Ingeniería Industrial, Universidad del Magdalena
Vane8558@hotmail.com

RESUMEN: La presente investigación se divide en cinco (5) fases principales: el desarrollo de un análisis del estado actual de los equipos que pertenecen a la línea de producción de la planta. Durante esta fase se realizan visitas a la planta, para inspeccionar cada equipo en busca de daños que puedan poseer a nivel estructural y de partes visibles; también se recolecta información sobre los niveles de producción, los fallos que presentan los equipos y la frecuencia con que se presentan, para analizar situaciones como el cumplimiento de la producción, la disponibilidad y la confiabilidad de la maquinaria. Se reconocerán las acciones correctivas que sea necesario tomar, así como el tipo de mantenimiento que se implantará. Se identifica el proceso crítico y así mismo los equipos críticos dentro de éste, mediante metodologías de análisis de Pareto y de criticidad en la que se analizan encuestas aplicadas al personal, así como los datos de fallos y frecuencia de los mismos, para así obtener la criticidad de cada uno de los equipos y jerarquizarlos con el fin de enfocar el plan de mantenimiento a los que presenten los valores de criticidad más elevados. Luego del desarrollo de estos puntos, se desenvuelve la fase de análisis de confiabilidad donde se obtiene la frecuencia para realizar las actividades del plan de mantenimiento preventivo. Seguidamente, se obtienen las acciones correctivas por medio de la metodología de análisis de modos y efectos de fallas. Al tener claro cuáles son los principales problemas de la planta en cuanto a los equipos críticos de la línea de producción, se realiza las acciones correctivas que se han de desarrollar para diseñar el plan de mantenimiento y saber a qué equipos será enfocado principalmente, se desarrolla un plan de mantenimiento preventivo, basado en información obtenida de manuales y otros datos técnicos, así como de información suministrada por el personal de la planta basada en su experiencia. Se desarrollan documentos

para el control de las actividades, así como indicadores que faciliten la evaluación de la gestión de mantenimiento en la planta. Al mismo tiempo, se estudia los indicadores de costos que ayudan a evaluar la gestión del área de mantenimiento.

ABSTRACT: This research is divided into five (5) main phases: development of an analysis of the current state of equipment belonging to the production line of the plant. During this phase are carried out visits to the plant for each team inspect for damage that may have a structural level and visible parts, also collects information about production levels, the judgments that have the equipment and the frequency with which are presented to analyze situations as compliance with the production, availability and reliability of machinery. The system supports necessary corrective actions taken and the type of maintenance that will be implemented. It identifies the critical process and likewise critical equipment within it, through Pareto analysis methodologies and criticality in which analyzed surveys of staff and the failure data and frequency of them, in order to obtain the criticality of each of the teams and ranking them in order to focus the maintenance plan to those with the highest criticality values. After the development of these points is developed reliability analysis phase where the frequency is obtained for the activities of the preventive maintenance plan. Then corrective actions are obtained through the methodology for analyzing failure modes and effects. By having clear what the main problems of the plant in terms of critical equipment, production line, is performed corrective actions should be developed to design a maintenance plan and know which teams will be focused mainly develops preventive maintenance plan based on information from manuals and other technical data and information provided by plant personnel based on their experience. Documents are

developed to control the activities and indicators to facilitate evaluation of maintenance management at the plant. At the same time, consideration is cost indicators that help assess the management of the maintenance area.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de los patrones de fallas de equipo y las nuevas técnicas utilizadas para su reducción, hacen del mantenimiento un mundo cambiante. Tales situaciones han dirigido este sector hacia la necesidad de innovar en relación a las estrategias de mantenimiento utilizadas. Es también de alta importancia el que estas estrategias de mantenimiento sean establecidas de una manera formal y organizada, para evitar la aplicación de actividades que generen conflictos, ambigüedades o, que sean innecesarias. Pensar en gozar de la disponibilidad de equipos o máquinas y de la mejora continua en todo el proceso productivo de la empresa Tropical Coffee Company S.A.S, implica estudiar la posibilidad de generar un plan de mantenimiento preventivo confiable que permita mantener en plenas condiciones de uso las máquinas, garantizando la continuidad del proceso y su excelente calidad. Por tanto el presente proyecto de investigación se divide en cinco fases principales. El proyecto busca la disminución del número de fallas en las máquinas de la línea de producción de la empresa, aumentando al mismo tiempo la productividad y disminuyendo el costo de operación y mantenimiento logrando al final la competitividad de la misma.

2. DISEÑO METODOLOGICO

La metodología de investigación que se estructuró para el proyecto se dividió en cinco fases esenciales que a manera simplificada comprenden los procedimientos, avances y resultados del mismo:

Recolección general de información e Inspección del área de Mantenimiento en el proceso Productivo.

Además de material bibliográfico pertinente para el desarrollo del tema, se adquirió la información en la empresa Tropical Coffee Company S.A.S, en donde se pudo identificar el tipo de mantenimiento aplicado, la estructura del área de mantenimiento, equipos implicados en el proceso de producción y el estado actual de los mismos, adquiriendo así las bases necesarias para efectuar el diagnóstico.

Identificación del Proceso y Equipos críticos

Se utilizó la metodología del Principio de Pareto con el fin de establecer la zona crítica dentro del área de producción de la empresa, efectuando luego un análisis de criticidad para determinar los equipos que representaban más relevancia dentro del proceso considerado. Este último análisis se efectuó por medio de una encuesta que fue aplicada a todo el personal relacionado con el tema de mantenimiento, la cual considera siete parámetros que permiten evaluar con bastante aceptación lo que ocasiona una avería en cuanto a su frecuencia, tiempo de reparación, costo de

reparación, y el impacto que genera en cuanto a la producción, medio ambiente, salud y seguridad personal y satisfacción del cliente interno.

Análisis de Confiabilidad

Obtenidas las máquinas críticas del proceso de producción en esta parte del proyecto se estimó la confiabilidad operacional de los equipos, tomando como muestra datos de Tiempos entre Fallos, en el período de Junio y Septiembre de 2009 (4 Meses), información obtenida del sistema SAP empleado en la empresa, los cuales fueron analizados mediante una Distribución de Weibull y con el apoyo informático del software "StatGraphics".

Análisis de Modos y Efectos de Fallo

Esta etapa consistió en el análisis de los modos y efectos de los fallos en los equipos críticos. Esto conllevó a estudiar cada subsistema y su derivación en componentes con el fin de interpretar su comportamiento mecánico y detectar los orígenes y causas de las inhabilidades que ocasionan las fallas. Y definido esto, se obtuvieron las acciones correctivas a incluir en el diseño del plan de mantenimiento preventivo.

Plan de Mantenimiento Preventivo e Impacto económico

Para la fase final se diseñó un plan de mantenimiento preventivo que al implementarse, permita una disminución de las fallas y costos de mantenimiento en los equipos y así se aumente su disponibilidad en la prestación de sus servicios para la producción, además de prevenir su mal estado con actividades de inspección que inducen a un manejo adecuado, limpieza y demás que permite el aumento de la confiabilidad de los mismos. De complemento se proyectó el impacto económico que se obtendría en el proceso productivo estableciendo una comparación de los costos que se esperan obtener por los resultados del desarrollo de la investigación con los costos actuales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recolección general de información e Inspección del área de Mantenimiento en el proceso Productivo.

Actualmente el mantenimiento en la empresa es de tipo correctivo puesto que los controles preventivos que se hacen son escasos. Las tareas de mantenimiento preventivo que se desarrollan son básicamente las de lubricación de los sistemas hidráulico y neumático, el cual se hace una vez por semana.

En la oficina de mantenimiento se cuenta con un tablero en donde se relacionan por semana las inspecciones a realizarse en cada máquina. Sin embargo, estas inspecciones no son llevadas a cabo por, ya que no se cuenta con una programación en detalle de las labores de mantenimiento preventivo, ni una metodología para efectuar los procedimientos.

Al momento del mantenimiento el técnico mecánico y/o el técnico electricista deben diligenciar el Formato de Orden de Mantenimiento con la descripción de las actividades realizadas al equipo y la falla detectada; aunque en muchas ocasiones no especifican el tipo de

servicio realizado ni a que parte del equipo se le realizó el mantenimiento, además que con agravio en ocasiones el reporte de las reparaciones se hace de manera verbal al supervisor o al operador del equipo.

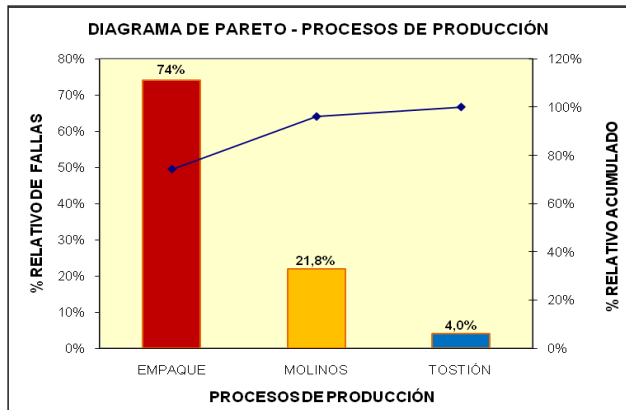
Identificación del Proceso y Equipos críticos

A continuación se muestra la Tabla los resultados del proceso crítico, en la cual se observa que la zona crítica en el proceso productivo es Empaque representado en un 74%.

Tabla de Pareto de los procesos de producción

PROCESO	No FALLAS	PORCENTAJE RELATIVO DE FALLAS	PORCENTAJE ACUMULADO
EMPAQUE	469	74%	74%
MOLINOS	138	21,8%	96,0%
TOSTIÓN	25	4,0%	100%
	632	100%	

Es así que con la elaboración del gráfico se logra verificar que el proceso crítico en el área de producción es en definitiva la zona de empaque puesto que se enmarca en la categoría de las “Pocas Vitales” alcanzado un 74% del total de fallas que ocurren en el período estudiado mientras que los ubicados en la categoría de los “Muchos Triviales” alcanzan el 26% del total de fallas.



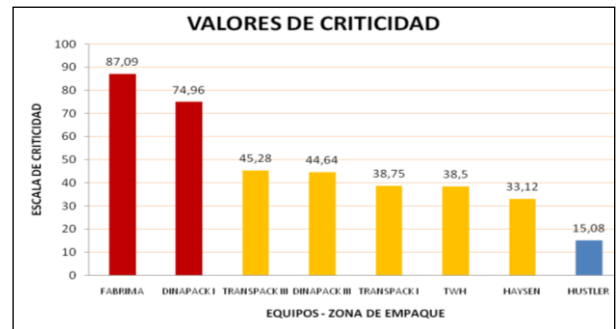
A continuación la tabla muestra los equipos críticos de la planta, donde se puede observar que equipos poseen una criticidad alta, criticidad media y cuáles poseen una criticidad baja.

Tabla Índice de Criticidad de los Equipos

EQUIPO	CRITICIDAD	ÍNDICE DE CRITICIDAD
FABRIMA	87,09	ALTA
DINAPACK I	74,96	ALTA
TRANSPACK III	45,28	MEDIA
DINAPACK III	44,64	MEDIA
TRANSPACK I	38,75	MEDIA
TWH	38,5	MEDIA
HAYSEN	33,12	MEDIA
HUSTLER	15,08	BAJA

Los datos obtenidos se graficaron en un gráfico, mostrando de manera más clara y en orden

descendente los niveles de criticidad de los equipos de la planta:



Los resultados obtenidos de criticidad con respecto a cada equipo indican según las entrevistas que su valor se encuentran relacionado con la importancia que tienen parámetros que se asocian a la Frecuencia de Fallas, Tiempo de Reparación, Impacto sobre la Producción y los Costos de Reparación, y que inciden de manera lógica en el modelo matemático que se emplea para la estimación de este variable.

Análisis de Confiabilidad

En tal sentido, y definida la muestra se optó por utilizar el modelo probabilístico de la Distribución de Weibull utilizando el Software estadístico “StatGraphics”, dado que este modelo posee en su forma general tres parámetros que le da gran flexibilidad y cuya selección y ajuste adecuado permiten obtener mejores ajustes, que con otras distribuciones (Rojas, 1975); de tal forma, que con facilidad se adapta adecuadamente a toda clase de resultados experimentales y operacionales (Torres, 2007).

Luego de analizar la conducta de los fallos en cada uno de los equipos se concluye que estos atienden al comportamiento de una distribución exponencial. Ahora que se conoce este comportamiento, se puede evaluar la confiabilidad de cada uno de los equipos, lo cual va a definir en qué momento va a fallar estos estadísticamente.

De acuerdo a esto, se obtiene que el mantenimiento por disponibilidad se realice de la siguiente forma:

Empacadora Fabrима: Cada 36 Horas
Empacadora Dinapack I: Cada 69 Horas

Análisis de Modos y Efectos de Fallo

En el formato del desarrollo del AMEF para la empacadora FABRIMA se identificaron 76 modos de fallas que pueden afectar el éxito del proceso, de los cuales 69 están representados en un 91% como críticos y son a los que se les debe dar prioridad para efectuar acciones correctoras que permitan aumentar la disponibilidad y fiabilidad de la máquina. De igual

manera para la empacadora DINAPACK I se identificaron 72 modos de fallos, de los cuales 68 están representados en un 94% como críticos.

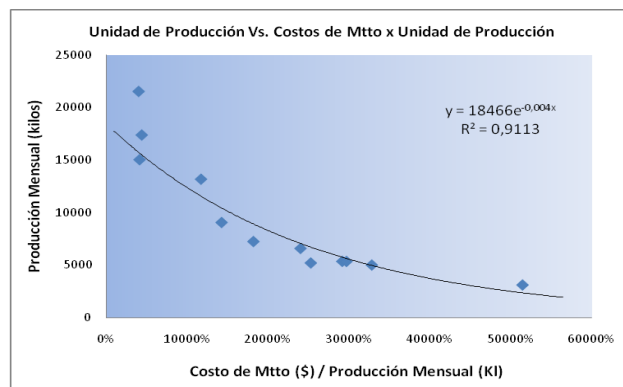
Plan de Mantenimiento Preventivo e Impacto económico

El Plan de Mantenimiento preventivo para gestionar el mantenimiento dentro de la planta fue creado con el fin de agilizar y tener mayor control sobre las actividades que se desarrollan dentro de esta área en la planta. Adicional a contener gestión de actividades típicas del mantenimiento como listados de inspección y mantenimiento programado mensuales para los equipos.

El diseño de este plan abarca cada pieza de las empacadoras y así mismo cada uno de sus componentes. Bajo esta condición se diseña el programa con frecuencias de tiempos estipulados para cada mantenimiento, ya sea de tipo eléctrico ó mecánico, donde se realizan inspecciones en cada componente de las piezas y en las actividades resultantes como acciones correctivas obtenidas del análisis del AMEF para evitar fallos. Además se incluye los recursos, responsables y formatos necesarios para llevar a cabo cada una de las actividades de Inspección y mantenimiento programado.

Indicador de Costos

Obtenidos los resultados Mensuales de Indicadores de Costo para la máquina Fabrima y Dinapack I 2009 fue posible construir un gráfico en donde a manera de ejercicio se intenta modelar el comportamiento de este indicador. En el cual, se aprecia una relación decreciente de la Producción cada vez que aumenta el porcentaje del Costo de Mantenimiento por unidad producida, dada su indirecta proporción entre estas variables.



4. CONCLUSIONES

En el análisis realizado a todo el proceso productivo de la empresa se determinó que la zona más crítica es EMPAQUE, donde se presenta la mayor cantidad de averías que afectan la disponibilidad del equipo y la productividad de la empresa, reflejándose negativamente en los costos.

El análisis de Pareto y de criticidad arrojó como equipos críticos las empacadoras FABRIMA y DINAPACK I,

notándose una mayor cantidad de paradas no programadas en el periodo estudiado.

Con la aplicación de Weibull se estimó la frecuencia de ocurrencia de las fallas para cada equipo crítico de la zona de empaque.

De acuerdo al análisis de modo y efecto de fallo se identifican 27 y 75 funciones para la empacadora "Fabrima" y "Dinapack I" con 23 y 65 modos de falla; respectivamente, las cuales son críticas y afectan de forma negativa el producto final. Las NPR más representativas para la empacadora FABRIMA y DINAPACK I se reflejaron en el subsistema formado de bolsa y sellado-corte.

Con la formulación de los modos de falla se espera un mayor rendimiento operativo ya que el operario entrega un diagnóstico más acertado de la falla, lo que reduce el tiempo del análisis y la solución de la misma.

Para la programación de las actividades de mantenimiento de los equipos se tomaron las fallas más representativas y se analizaron los tiempos entre fallos a través de la distribución de Weibull por medio del Software StatGraphics.

En el análisis realizado a las empacadoras FABRIMA Y DINAPACK I se puede determinar un plan de mantenimiento con actividades definidas y claras, para realizar por parte de los técnicos del área y así disminuir considerablemente las fallas correctivas, reduciendo notablemente las intervenciones en el equipo.

Con este estudio se obtuvo un conocimiento de los sistemas y subsistemas que componen los equipos, lo que mejora notablemente el plan ya que se estudiaron componentes de importancia minimizando el tiempo de paradas no programadas y mejorando la calidad del producto final.

Es importante resaltar que con un buen plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad se identifican en los equipos los focos de averías logrando encaminar esfuerzos a minimizar las fallas y aumentar la disponibilidad y productividad de los mismos.

En cuanto a los costos se puede aseverar que la puesta en marcha del plan de mantenimiento diseñado permitirá una reducción significativa del gasto en mantenimiento de la empresa que se determinó en un máximo de 34.89%. Así mismo se logró identificar en el suceso de estudio que existe una relación de proporción indirecta entre la producción y los costos de mantenimiento por unidad producida. Dado que a mayores costos de mantenimientos se incrementará los costos de producción, lo que hace decrecer la relación entre estas variables.

5. BIBLIOGRAFIA

ABERNETHY, Robert B. (2003). "Fundamentos del Análisis de Weibull", FL, USA Pág. 1

AGUDELO Arango Marcos A. (2008). "Análisis RCM a la Empacadora Power Pack 685 de Zenú S.A.". Medellín.

AMENDOLA, Luis. (2002). "Modelos Mixtos de Confiabilidad". Publicado por Datastream. www.mantenimientomundial.com.

BRISEÑO Yajaira, COLINA Maribel y ESPINOSA Ana (1995) "Mantenimiento Preventivo para los equipos auxiliares de la Planta de vapor "T-6" de la Empresa Maraven S.A.". Caracas, Venezuela.

CAICEDO Gabriel, LOPEZ A. (2008). "Diseño y Puesta en marcha de un Plan de Mantenimiento mecánico centrado en la confiabilidad (RCM) con soporte de software en lenguaje Visual Basic para una planta de agregados de Concretos Argos S.A.". Barranquilla, Atlántico.

CERVANTES Y MERCADO (2007). "Diseño de un modelo de gestión del mantenimiento basado en criticidad y análisis de modos y efectos de fallos en la empresa Asetpor Ltda." Santa Marta, Magdalena.

DIAZGRANADOS Lidueña, Norberto Efraín (2005), Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo de la Empresa Colcafé S.A. Medellín, Colombia.

DUFFUAA Salih O., RAOUF A., CAMPBELL John Dixon (2000). "Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control" [Libro]. México D.F.: Editorial LIMUSA S.A. Primera Edición: p. 68. ISBN 968-18-5918-9.

GARCÍA, Oliverio (2005). "El Análisis Causa Raíz, Estrategia de Confiabilidad Operacional". Reliability World Latín América Conferencia y Exhibición. [En Línea] [//www.ensode.net/pdf-crack.jsf?jsessionid=065706313f59a3e6f677fd7d7020](http://www.ensode.net/pdf-crack.jsf?jsessionid=065706313f59a3e6f677fd7d7020).

GIL, Moreno Luis Alfredo (2006). "Diseño e implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo para el Departamento de Mantenimiento General de la Refinería La Libertad Perenco Guatemala Limited.". Universidad San Carlos de Guatemala.

GÓMEZ. Cabrera Jesús. "El análisis de la Causa Raíz: Una herramienta de inestimable valor". Coordinación editorial CEIM-CUJAE. Nota técnica No. 053.

HUERTA Mendoza, Rosendo (2005). "El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional". [En Línea] http://www.confiabilidad.net/art_05/RCM/rcm_8.pdf.

KERGUELEN, María Carolina. Implementación de un programa de mantenimiento para empresa Industrias Kent & Sorrento, 2001.Trabajo de grado. (UPB). Facultad de ingeniería mecánica.

MONTAÑA Riveros Leonardo, ROSAS Niño Elkin Gustavo (2006). "Diseño de un Sistema de Mantenimiento con base en Análisis de Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Falla en la planta de coque de fabricación primaria en la Empresa Acerías Paz Del Río S.A.". Duitama

MORA Gutiérrez, Alberto (2009). Mantenimiento "Planeación, Ejecución y Control" [libro]. Bogotá, Colombia: Editorial Alfaomega. Primera edición: p 433. ISBN 978-958-682-769-0

MORA Gutiérrez, Alberto (Noviembre de 2005), Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios [libro].Medellín, Colombia: Editorial AMG. Primera edición: p 100. ISBN 958-33-8218-3

MORA Gutiérrez, Alberto (2006), Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios: enfoque sistemático kantiano [Libro].Medellín, Colombia: Editorial AMG. Segunda Edición.

MOUNBRAY John (2004). Reliability-Centred Maintenance (RCM). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II. Edición en Español. Aladon. Página 1.

NAVARRO ELOLA, Luis, PASTOR TEJEDOR, Ana Clara y MUGABURU LACABRERA, Jaime Miguel. (1997). Gestión Integral de Mantenimiento. Barcelona, España: Marcombo Boixareu.

TAMBORERO Del Pino JOSÉ M^a, (2008). "Fiabilidad: la Distribución de Weibull"

TIRADO, Torres Andrés (2006). "Creación de un Programa de Mantenimiento Preventivo en Moldes Medellín". [En Línea] <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P658.202T596/portada.pdf>.

VARGAS Y CARMONA Mariana (2007). "Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para el sistema de transporte marítimo de la empresa "Asismar"". Santa Marta, Magdalena.

Manual de Reglamentación del Producto, Tropical Coffee Company S.A.S

[En Línea]:

<http://www.scribd.com/doc/11038834/Manual-FMEA>

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm>

http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/diagrama_de_pareto.pdf

Manual de Indicadores de mantenimiento. [En Línea] www.4shared.com

Modulo V, Mantenimiento Preventivo [En Línea] www.4shared.com